

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : G02B 17/08, G03F 7/20	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 95/32446 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 30. November 1995 (30.11.95)
--	----	--

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP95/01719
(22) Internationales Anmeldedatum: 5. Mai 1995 (05.05.95)
(30) Prioritätsdaten:
P 44 17 489.6 19. Mai 1994 (19.05.94) DE
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser GB JP US):
CARL ZEISS [DE/DE]; D-89518 Heidenheim (DE).
(71) Anmelder (nur für GB JP): CARL-ZEISS-STIFTUNG han-
delnd als CARL ZEISS [DE/DE]; D-89518 Heidenheim
(DE).
(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): FÜRTER, Gerd [DE/DE];
Hinter den Gärten 10, D-73479 Ellwangen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE,
CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT,
SE).

Veröffentlicht
Mit internationalem Recherchenbericht.

(54) Title: VERY WIDE APERTURE CATADIOPTRIC REDUCING OBJECT LENS FOR MICROLITHOGRAPHY

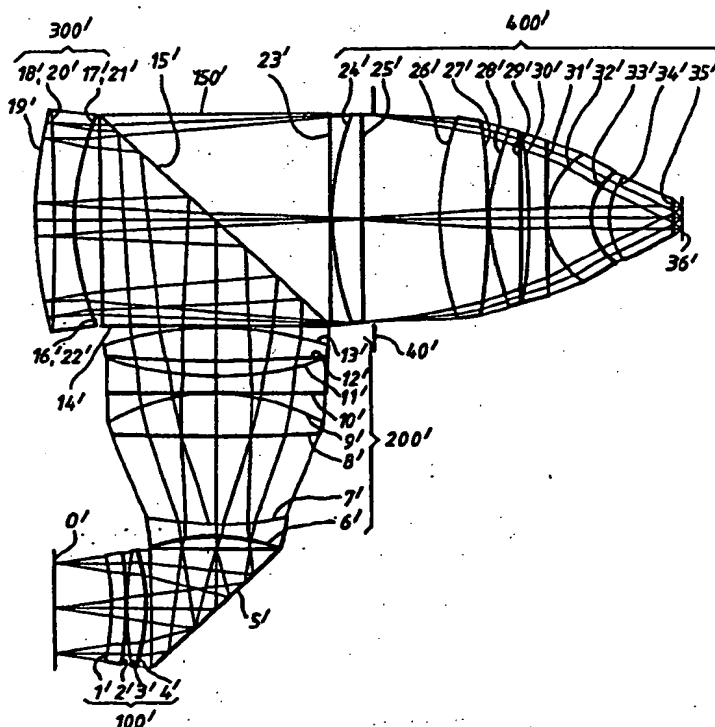
(54) Bezeichnung: HÖCHSTAPERTURIGES KATADIOPTRISCHES REDUKTIONSOBJEKTIV FÜR DIE MIKROLITHOGRAPHIE

(57) Abstract

A catadioptric reducing object lens with a concave mirror (19'), beam divider (150') and several lens groups (100', 200', 300', 400'), in which the system diaphragm (40') is fitted between the beam divider surface (15') and the image plane (36'), especially within the last lens group (400'). NA = 0.7; for UV, DUV; telecentric on the image side or on both sides; also achromatised.

(57) Zusammenfassung

Katadioptrisches Reduktionsobjektiv mit Hohlspiegel (19'), Strahlteiler (150') und mehreren Linsengruppen (100', 200', 300', 400'), wobei die Systemblende (40') zwischen Strahlteilerfläche (15') und Bildebene (36'), insbesondere innerhalb der letzten Linsengruppe (400'), angeordnet ist. NA = 0,7; für UV, DUV; bild- oder beidseitig telezentrisch; auch achromatisiert.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

Beschreibung:

Höchstaperturiges katadioptrisches Reduktionsobjektiv für die Mikrolithographie

Die Erfindung betrifft ein katadioptrisches Reduktionsobjektiv mit Hohlspiegel, Strahlteilerfläche und mehreren Linsengruppen.

Bei einem derartigen Objektiv nach DE 42 03 464 ist die Systemblende am Ort des Hohlspiegels, auf der diesem zugekehrten Ein- und Austrittsfläche des Strahlteilers oder im Raum zwischen diesen angeordnet. Das gleiche gilt für EP 0 341 385, EP 0 350 955, EP 0 465 882 und EP 0 554 994. Bei derartigen Anordnungen liegt die höchste erreichbare numerische Apertur bei brauchbarer Bildqualität bei 0,60.

Bei der gattungsgemäßen Anordnung nach DE 41 10 296 ist die Blende an der Strahlteilerfläche des Strahlteilers angeordnet, wobei dieser reticleseitig in Transmission und waferseitig in Reflexion benutzt wird. Die Folgen sind:

- Die Blende ist nicht mehr variabel.
- Die elliptisch geformte Blende steht sehr schräg (ca. 45°) zur optischen Achse. Verschiedene Bildhöhen mit variierenden Hauptstrahlwinkeln an der Blende benutzen unterschiedlich große Blendenöffnungen, was zu Kontrast-, Telezentrie- und Intensitätsvariationen führt.

Aus US 5,289,312 ist ein katadioptrisches Reduktions-Projektionsobjektiv bekannt, das

- eine erste Linsengruppe;
- einen teildurchlässigen (schrägstehenden) Spiegel auf einer Planplatte oder in einem Strahlteiler;
- einen Konkavspiegel;
- eine zerstreuende zweite Linsengruppe zwischen den beiden Spiegeln;
- eine dritte Linsengruppe mit positiver Brechkraft am Schluß des Lichtwegs zur Bilderzeugung; und

- eine Blende zwischen dem teildurchlässigen Spiegel und der dritten Linsengruppe aufweist.

Die Ausführung mit Strahlteiler ist nur im Anspruch 11 angegeben, sonst nicht beschrieben. Die numerische Apertur des einzigen Beispiels beträgt lediglich 0,45. Zur Achromatisierung sind abwechselnd Quarz und Flußspat kombiniert. Der teildurchlässige Spiegel wird zuerst in Reflexion, danach in Transmission benutzt.

Ein Strahlteiler im Sinne dieser Anmeldung hat eine zwischen zwei Prismen angeordnete Strahlteilerfläche, also einen teildurchlässigen Spiegel, wie ein Strahlteilerwürfel.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein katadioptrisches Reduktionsobjektiv mit einer möglichen numerischen Apertur von deutlich größer als 0,60 zu realisieren, bei dem die Systemblende hinter der Strahlteilerfläche liegen soll.

Vorzugsweise sollen die Hauptstrahl- und Randstrahlwinkel am Strahlteiler klein genug sein, um einen Polarisations-Strahlteiler zu ermöglichen. Außerdem soll das Objektiv vorzugsweise bildseitig telezentrisch sein. Darüber hinaus soll der Strahlteiler unter diesen Rahmenbedingungen möglichst klein sein.

Gelöst wird diese Aufgabe durch ein katadioptrisches Reduktionsobjektiv mit den Merkmalen des Anspruchs 1 oder 2.

Besonders vorteilhafte Ausführungsformen zeigen zudem Merkmale der Unteransprüche 3 bis 24.

Verwendung findet ein solches Objektiv zur mikrolithographischen Projektion mit bildseitigen Strukturen im Submikronbereich und ist dazu in einen mikrolithographischen Projektionsapparat eingebaut.

Näher dargestellt wird die Erfindung mit einem Ausführungsbeispiel gemäß der Zeichnung, worin

- Fig. 1a einen Linsenschnitt eines katadioptrischen Reduktionsobjektivs;
- Fig. 1b einen vergrößerten Ausschnitt von Fig. 1a, allerdings mit vertauschter Abfolge von Reflexion und Transmission am Strahlteiler;
- Fig. 2 schematisch einen mikrolithographischen Projektionsapparat; und
- Fig. 3 einen Linsenschnitt eines katadioptrischen Reduktionsobjektivs mit Systemblende innerhalb der dritten Linsengruppe zeigen.

Figur 1a zeigt ein Beispiel eines erfindungsgemäßen 4:1 Reduktionsobjektivs für die Mikrolithographie mit den drei Linsengruppen 100 mit 200, 300, 400, der Strahlteilerfläche 15 im Strahlteiler 150 und mit dem Hohlspiegel 19. Die Objektebene - für das Reticle - liegt bei 0, die Bildebene - für den Wafer - bei 36. Ein Umlenkspiegel 5 zwischen dem ersten 100 und zweiten Teil 200 der ersten Linsengruppe dient üblicherweise einem kompakteren Aufbau und erlaubt parallele Lagerung von Reticle und Wafer. Von dieser Umlenkung und der Aufteilung der ersten Linsengruppe 100, 200 kann jedoch auch abgesehen werden. Tabelle 1 gibt die Radien und Abstände aller optisch wirksamen Flächen 1 bis 35. Glasart ist einheitlich Quarz. Die Strahlteilerfläche 15 ist diagonal im Strahlteilerwürfel 150 mit den Grenzflächen 14 (Eintritt), 16 bzw. 22 (Aus- und Eintritt spiegelseitig) und 23 (Austritt bildseitig) angeordnet.

Dieses Beispiel ist ausgelegt für die Wellenlänge 248,38 nm. Es ist beidseitig telezentrisch mit Hauptstrahlwinkeln unter $0,2^\circ$. Der freie Arbeitsabstand ist 40 mm (0-1) reticleseitig und 6 mm (35-36) waferseitig.

Die erreichte numerische Apertur ist $NA = 0,70$ bei einem Bildkreisdurchmesser von 20 mm.

Die die Apertur festlegende Systemblende 40 liegt waferseitig 17 mm vom Strahlteiler 150 (Austrittsfläche 23) entfernt. Soll abgeblendet und die Telezentrie im Waferraum (Objektebene 36) exakt gehalten werden, dann muß die Systemblende 40 beim Abblenden in Richtung Strahlteiler 150 (Austrittsfläche 23) bewegt werden. Der Grenzwert für die geschlossene Blende wäre die Austrittsfläche 23 des Strahlteilers 150.

Diese Verschiebung der Systemblende 40 beim Abblenden ist geboten, da der Systemteil davor bezüglich der Petzvalsumme stark überkorrigiert ist und diese Überkorrektion nur teilweise durch negative sphärische Pupillenaberration ausgeglichen wird.

Die Systemblende 40 kann sowohl als spezielles, auch verstellbares, Bauteil, als auch durch eine Linsenfassung oder einen Tubus verkörpert sein.

Die Strahlteilerfläche 15 wird in diesem Beispiel zuerst in Reflexion und dann in Transmission benutzt.

Fig. 1b zeigt einen Ausschnitt der Fig. 1a im Bereich des Hohlspiegels 19 und des Strahlteilers 150, jedoch mit vertauschter Reihenfolge von Transmission und Reflexion an der Strahlteilerfläche 15. Die Lage der ersten Linsengruppe 100, 200 und der dritten Linsengruppe 400 - mit der Linsenfläche 24 - einschließlich der Systemblende 40 wird also an der Strahlteilerfläche 15 gespiegelt. die Austrittsfläche 23b des Strahlteilers 150 tritt also an die Stelle der Eintrittsfläche 14 der Fig. 1a. Durch diese Maßnahme ragt der Hohlspiegel 19 nicht in die Reticuleebene, was für die dort vorzusehenden Halte- und Verschiebeeinrichtungen mehr Freiheit läßt.

Figur 1b zeigt, daß die Hauptstrahlwinkel α und die Randstrahlwinkel β am Strahlteilerwürfel 150 in Luft unter 5° liegen, der Randstrahlwinkel β am bildseitigen Ausgang sogar

unter 4° . Im beschriebenen Beispiel sind die Randstrahlwinkel Beta bewußt in der Größenordnung der Hauptstrahlwinkel Alpha und divergent gehalten worden. Je größer die Hauptstrahlhöhen im Strahlteiler 150, desto geringer die Randstrahlhöhen und damit die Bündelquerschnitte. So lassen sich die Durchstoßhöhen der äußersten Komastrahlen im Strahlteilerwürfel 150 ungefähr konstant halten.

Die Strahlhöhen im Strahlteiler 150 sind also nirgends größer als am bildseitigen Ausgang 23 bzw. 23b, nahe dem Ort der Systemblende 40.

Dort aber sind die Strahlhöhen bzw. ist der Blendendurchmesser durch den vorgegebenen Lichtleitwert $0,70 \times 20 = 14$ und den gewählten Hauptstrahlwinkel von knapp $4,5^\circ$ im wesentlichen festgelegt. Der Blendendurchmesser (40) und die Kantenlänge des 45° -Strahlteilerwürfels 150 sind ca. 190 mm.

Braucht die Polarisationsstrahlteilerfläche 15 aus belegungs-technischen Gründen in Reflexion oder Transmission besser kollimiertes Licht, so läßt sich dies zwar im Design berücksichtigen, geht aber zu Lasten der Durchmesser.

Die in Verbindung mit einer Polarisationssteilerfläche 15 erforderliche Lambda-Viertel-Schicht kann auf eine der Flächen 16 bis 19 aufgebracht sein oder zwischen den genannten Flächen als Folie oder Planplatte eingefügt sein.

Anstelle des Strahlteilerwürfels 150 ist eine schräg unter ca. 35° bis 60° stehende Strahlteilerplatte mit teildurchlässigem Spiegel ebenfalls brauchbar, vgl. US 5,289,312. Diese Ausführung erfordert für die Transmission möglichst kollimiertes Licht, was leichter erreichbar ist, wenn zuerst transmittiert und dann reflektiert wird.

Das vorliegende Design hat eine stark zerstreuernde Linse 300 zwischen Strahlteilerfläche 15 und Hohlspiegel 19. Nur so läßt sich Licht mit kleinen Randstrahlwinkeln durch den Strahl-

teilerwürfel 150 führen, ohne daß die für eine ausreichende Korrekturwirkung notwendige Brechkraft des Spiegels 19 zu sehr reduziert wird.

Im Gegensatz zu den oben aufgeführten vorbekannten Objektiv-Konstruktionen (selbst zu DE 41 10 296) baut der waferseitige Objektivteil (dritte Linsengruppe 400) sehr lang. Besonders auffallend ist der große Luftraum zwischen den Flächen 25 und 26.

Bei bild-(wafer)seitiger Telezentrie liegt der vordere Hauptpunkt dieser Linsengruppe 400 um den Betrag der Brennweite hinter der Blende 40. Bei einer Bildhöhe von 10 mm und dem Hauptstrahlwinkel von knapp $4,5^\circ$ ist die Brennweite 128 mm, der vordere Hauptpunkt also rund 128 mm von der Austrittsfläche 23 des Strahlteilers 150 entfernt. Der Abstand vom Strahlteiler 150 zum Bild 36 (Wafer) ist sogar deutlich größer als das Doppelte der Brennweite, bei diesem Beispiel das 2,2-fache (bei US 5,289,312 ist dieser Abstand etwa das 1,8-fache der Brennweite, bei DE 41 10 296 das 1,5-fache und bei allen anderen zitierten Anmeldungen ist er noch kleiner). Wird der Strahlteiler durch eine Strahlteilerplatte ersetzt, so ist hier statt des Abstands zum Strahlteiler der Abstand zu der der Austrittsfläche des Strahlteilers äquivalenten Fläche einzusetzen, die senkrecht zur optischen Achse ist und den teildurchlässigen Spiegel in einem Punkt gemeinsam mit dem Rand des Lichtbündels schneidet. Diese Maßnahme unterstützt die Anordnung der Systemblende 40 außerhalb des Strahlteilers 150.

Ansonsten besteht diese dritte Linsengruppe 400 aus stark sammelnden Untergruppen (24, 25), (26, 27), (28 - 31), (32 - 35), wobei zwischen den Flächen 29, 30 ein zerstreuer Luftraum zur Korrektur von sphärischer Aberration und Koma höherer Ordnung ist und zwischen den Flächen 33 und 34 ein zerstreuer Luftraum zur Korrektur von Verzeichnungen und Astigmatismus höherer Ordnung angeordnet ist.

Der objektseitige Objektivteil besteht aus einer ersten Linsengruppe mit zwei Teilen: Aus einem sammelnden Teil 100, bestehend aus zwei Linsen (1, 2), (3, 4), welcher u.a. die Telezentrität besorgt, und aus einem zweiten Teil 200, bestehend aus der zerstreuen Linse (6, 7) und aus der sammelnden Untergruppe mit den Flächen 8 bis 13 mit einem korrigierenden zerstreuen Luftspalt zwischen den Flächen 11 und 12.

Ein Umlenkspiegel 5 zwischen dem ersten Teil 100 und dem zweiten Teil 200 ist optional und wird gewöhnlich vorgesehen, um eine kompakte Anordnung mit paralleler Lage von Reticle (Objektebene 0) und Wafer (Bildebene 36) zu erzielen.

Im Gegensatz zu den vorbekannten Objektiv-Konstruktionen baut dieser objektseitige Objektivteil, also die erste Linsengruppe 100, 200, sehr kurz.

Die Brennweite dieser ersten Linsengruppe 100, 200 ist wegen des Abbildungsmaßstabs des Gesamtobjektivs von 4:1 und wegen der brechkraftschwachen Kombination aus Linse 300 und Hohlspiegel 19 nahe beim 4-fachen der Brennweite der waferseitig (von der Blende 40) liegenden Linsengruppe 400, und zwar 556 mm. Die Brennweite dieses Objektivteils ist also relativ gering im Vergleich zur Schnittweite für den telezentrischen Hauptstrahl, nämlich dem Abstand der Linse (12, 13) zur Systemblende 40. Um dies zu erreichen, wirkt die stark zerstreue Brechkraft der Linse (6, 7) zusammen mit der stark sammelnden Brechkraft der Untergruppe 8 bis 13 als Retrofokus-aufbau. Vom Strahlteiler 150 aus zurückblickend wirkt dieser Aufbau als Tele-Aufbau mit entsprechend kurzer Schnittweite. Dementsprechend ist die Baulänge dieser ersten Linsengruppe 100, 200 (ca. 400 mm) deutlich kleiner als ihre Brennweite.

Die monochromatische Abbildungsgüte dieser Optik entspricht den Anforderungen der Mikrolithographie.

Der leistungsbegrenzende Farbfehler, die chromatische Längs-aberration, ist weniger als halb so groß wie bei herkömmlichen reinen Linsen-Objektiven gleicher Spezifikation. Dieser Bildfehler läßt sich zusätzlich halbieren, wenn die 4 Sammellinsen (Untergruppen (24, 25), (26, 27), (28 - 31), (32 - 35)) hinter der Systemblende 40 statt aus Quarz aus Flußspat gefertigt werden. Durch Einführen von gelösten Quarz-Flußspat-Kittgliedern ließe sich die Achromatisierung noch weiter verbessern, bei allerdings stark erhöhtem Bauaufwand.

Die Erfindung umfaßt daher auch achromatisierte Objektive und läßt sich ebenso bei anderen Wellenlängen einsetzen.

Figur 2 zeigt die Integration dieses katadioptrischen Reduktionsobjektivs 41 nach Figur 1a - der Strahlteilerwürfel ist allerdings durch eine Strahlteilerplatte ersetzt - in einem mikrolithographischen Projektionsapparat, bekannt als Wafer Stepper. In der Objektebene des Objektivs 41 ist ein Reticle 42 mit einer x-y-z-Positioniereinheit 421 positioniert. Das Reticle 42 wird mit Licht einer geeigneten Wellenlänge von einer Lichtquelle 44, z.B. einem Excimerlaser, beleuchtet. In der Bildebene des Objektivs 41 ist ein Wafer 43 mittels einer zweiten x-y-z-Positioniereinheit 431 angeordnet.

Das in Fig. 3 als Linsenschnitt dargestellte Ausführungsbeispiel mit den Daten der Tabelle 2 ist dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 1a sehr ähnlich, hat jedoch die Systemblende 40' innerhalb der dritten Linsengruppe 400', und zwar nach deren erster Linse 24', 25', angeordnet. Die Systemblende 40' hat 8 mm Abstand vom Linsenscheitel der Fläche 25'.

Damit kann die Systemblende 40' unabhängig von der Blendenöffnung ortsfest bleiben ohne daß zu hohe Telezentritätsfehler entstehen, da die Sammellinse 24', 25' die Überkorrektion der Petzvalsumme vermindert und den Abstand der Systemblende 40' zum Hauptstrahlenschnittpunkt verringert.

Bei Wegfall der Verschiebeeinrichtung vermindert sich der Aufwand für Bau und Betrieb des Objektivs wesentlich. Da die Systemblende 40' auch wesentlich von den Elementen der ersten Linsengruppe 100', 200' abrückt, ist die Fassungskonstruktion weiter vereinfacht.

Es ist damit gezeigt, daß im Gegensatz zur Lehre der US 5,289,312 die Systemblende nicht nur in bestimmten Fällen zwischen der Strahlteilerfläche und der dritten Linsengruppe angeordnet werden kann, sondern daß ganz allgemein vorteilhafte Lösungen mit der Systemblende zwischen der Strahlteilerfläche und der Bildebene, insbesondere innerhalb der dritten Linsengruppe, erreicht werden können. Damit sind sehr große numerische Aperturen mit guter Korrektur bei unproblematischem Aufbau erreichbar.

Die vorstehend beschriebenen Beispiele haben den Abbildungsmaßstab -0,25. Andere in der Mikrolithographie sinnvolle Abbildungsmaßstäbe sind ebenfalls erfindungsgemäß realisierbar.

Tabelle 1

Wellenlänge $\lambda = 248,38 \text{ nm}$ numerische Apertur $NA = 0,70$
 Abbildungsmaßstab $\beta = -0,25$ Glas: Quarz $n = 1,50834$

Nr.	Radius	Dicke	Glas
		46,25	
1	-210,36	13,36	Quarz
2	-510,81	1,00	
3	360,18	16,63	Quarz
4	-174,55	55,17	
5	Plan	66,00	
6	-133,61	9,70	Quarz
7	274,40	85,10	
8	2016,25	41,88	Quarz
9	-173,29	1,04	
10	Plan	15,60	Quarz
11	251,70	14,80	
12	1004,4	28,71	Quarz
13	-282,11	1,01	
14	Plan	95,50	Quarz
15	Plan	95,50	Quarz
16	Plan	18,47	
17	-280,11	16,14	Quarz
18	1577,8	16,10	
19	-455,9	Spiegel 16,10	
20	-1578,0	16,14	Quarz
21	280,11	18,47	
22	Plan	191,0	Quarz
23	Plan	16,08	

24	269,14	26,98	Quarz
25	12084	44,08	
26	350,03	40,86	Quarz
27	-596,96	1,01	
28	208,82	26,70	Quarz
29	-2124,5	7,08	
30	-436,19	24,52	Quarz
31	1966,2	1,01	
32	72,921	35,53	Quarz
33	51,743	9,02	
34	64,826	59,68	Quarz
35	2727.8	6,36	
36			Bild (Wafer)

Tabelle 2

Wellenlänge $\lambda = 248,38 \text{ nm}$ numerische Apertur $NA = 0,70$
 Abbildungsmaßstab $\beta = -0,25$ Glas: Quarz $n = 1,50834$

Nr.	Radius	Dicke	Glas
		46,25	
1	-208,30	11,38	Quarz
2	-498,48	1,00	
3	368,29	16,30	Quarz
4	-173,64	55,82	
5	Plan	66,00	
6	-127,78	9,70	Quarz
7	251,15	79,28	
8	1891,95	38,73	Quarz
9	-160,51	1,03	
10	-2818,18	15,49	Quarz
11	263,13	13,96	
12	997,93	29,30	Quarz
13	-273,97	1,00	
14	Plan	95,50	Quarz
15	Plan	95,50	Quarz
16	Plan	21,10	
17	-245,27	15,63	Quarz
18	3216,71	15,16	
19	-437,42	Spiegel 15,16	
20	-3216,71	15,63	Quarz
21	245,27	21,10	
22	Plan	191,0	Quarz
23	Plan	1,00	

24	278,04	24,57	Quarz
25	4615,58	63,39	
26	262,26	40,81	Quarz
27	-620,91	1,08	
28	208,55	24,75	Quarz
29	-2336,21	6,67	
30	-441,28	15,29	Quarz
31	1144,28	1,06	
32	71,95	36,07	Quarz
33	50,36	13,64	
34	60,47	53,85	Quarz
35	3672,41	6,34	
36			Bild (Wafer)

Patentansprüche:

1. Katadioptrisches Reduktionsobjektiv

- mit einer ersten Linsengruppe (100, 200),
- einem teildurchlässigen Spiegel (15),
- einer zweiten Linsengruppe (300),
- einem Hohlspiegel (19),
- einer dritten Linsengruppe (400) vor der Bildebene (36),
- mit einer Systemblende (40) zwischen Strahlteilerfläche (15) und Bildebene (36),
- mit einer numerischen Apertur größer als 0,60,
- mit bildseitiger Telezentrie.

2. Katadioptrisches Reduktionsobjektiv

- mit einer ersten Linsengruppe (100', 200'),
- mit einem teildurchlässigen Spiegel (15'),
- mit einer zweiten Linsengruppe (300'),
- mit einem Hohlspiegel (19'),
- mit einer dritten Linsengruppe (400') zwischen dem teildurchlässigen Spiegel (15') und der Bildebene (36'),

dadurch gekennzeichnet, daß

- die Systemblende (40') innerhalb der dritten Linsengruppe (400') angeordnet ist.

3. Objektiv nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß

die Systemblende (40') vom teildurchlässigen Spiegel (15') her gesehen hinter der ersten Linse (24', 25') der dritten Linsengruppe (400') angeordnet ist.

4. Objektiv nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Position der Systemblende (40') unabhängig von der Öffnung im Bereich von der halben bis zur vollen Blendenzahl fest liegt, ohne Beeinträchtigung der Abbildungsqualität.

5. Objektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, daß der teildurchlässige Spiegel (15') in einem Strahlteiler (150') angeordnet ist.
6. Objektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, daß der teildurchlässige Spiegel auf einer planparallelen Platte angeordnet ist.
7. Objektiv nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Systemblende (40) auf der Austrittsfläche (23) des Strahlteilers (150) angeordnet ist.
8. Objektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1-7, dadurch gekennzeichnet, daß die Blendenebene (40) unter einem Winkel von 80 Grad bis 100 Grad, insbesondere 90 Grad, zur optischen Achse (A) steht.
9. Objektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1-8, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlteilerfläche (15) im Lichtweg von der Objektebene (0) zum Hohlspiegel (19) in Transmission benutzt wird.
10. Objektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1-9, dadurch gekennzeichnet, daß die Hauptstrahl- und Randstrahlwinkel zur optischen Achse (A) in Luft am Strahlteiler (150) kleiner als 10° , vorzugsweise kleiner als 5° sind.
11. Objektiv nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlteilerfläche (15) ein Polarisations-Strahlteiler ist und zwischen ihr und dem Hohlspiegel (19) eine Lambda-Viertel-Schicht angeordnet ist.

12. Objektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1-11, dadurch gekennzeichnet, daß die bildseitige Apertur mindestens 0,60 vorzugsweise 0,70 ist.
13. Objektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1-12, gekennzeichnet durch die Korrektur für Laserlicht bei einer Wellenlänge im UV- oder DUV-Bereich.
14. Objektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1-13, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb der ersten Linsengruppe (100, 200) vor dem Strahlteiler (150) ein ebener Umlenkspiegel (5) angeordnet ist.
15. Objektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1-14, dadurch gekennzeichnet, daß alle Linsenelemente (100, 200, 300, 400) und der Strahlteiler (150) oder die Strahlteilerplatte aus dem gleichen Material gefertigt sind.
16. Objektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1-15, dadurch gekennzeichnet, daß alle Linsen (100, 200, 300) vor der Systemblende (40) und der Strahlteiler (150) aus Quarz, alle nachfolgenden Sammellinsen (24, 25; 26, 27; 28-31, 32-35) aus Flußspat bestehen.
17. Objektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1-16, gekennzeichnet durch beidseitige Telezentrie.
18. Objektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1-17, gekennzeichnet durch einen Abbildungsmaßstab im Bereich -0,5 bis -0,10, vorzugsweise rund -0,25.
19. Objektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand vom Strahlteiler (150), bzw. der bildseitigen zur optischen Achse senkrechten Ebene, welche den Rand des

Lichtbündels auf der Strahlteilerplatte in einem Punkt berührt, zur Bildebene (36) größer als das Einskommaneunfache der Brennweite der zwischen Strahlteilerfläche (15) und Bildebene (36) liegenden dritten Linsengruppe (400) ist.

20. Objektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1-19, dadurch gekennzeichnet, daß
 der Abstand vom Strahlteiler (150), bzw. von der objektseitigen Ebene, die senkrecht zur optischen Achse ist und den Rand des Lichtbündels auf der Strahlteilerplatte in einem Punkt berührt, zur Objektebene (0) kleiner ist als die Brennweite der dazwischenliegenden ersten Linsengruppe (100, 200).

21. Objektiv nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch folgende Daten:

Wellenlänge $\lambda = 248,38 \text{ nm}$ numerische Apertur $NA = 0,70$
 Abbildungsmaßstab $\beta = -0,25$ Glas: Quarz $n = 1,50834$

Nr.	Radius	Dicke	Glas
		46,25	
1	-210,36	13,36	Quarz
2	-510,81	1,00	
3	360,18	16,63	Quarz
4	-174,55	55,17	
5	Plan	66,00	
6	-133,61	9,70	Quarz
7	274,40	85,10	
8	2016,25	41,88	Quarz
9	-173,29	1,04	
10	Plan	15,60	Quarz
11	251,70	14,80	

12	1004,4	28,71	Quarz
13	-282,11	1,01	
14	Plan	95,50	Quarz
15	Plan	95,50	Quarz
16	Plan	18,47	
17	-280,11	16,14	Quarz
18	1577,8	16,10	
19	-455,9	Spiegel	
20	-1578,0	16,10	
21	280,11	16,14	Quarz
22	Plan	18,47	
23	Plan	191,0	Quarz
24	269,14	16,08	
25	12084	26,98	Quarz
26	350,03	44,08	
27	-596,96	40,86	Quarz
28	208,82	1,01	
29	-2124,5	26,70	Quarz
30	-436,19	7,08	
31	1966,2	24,52	Quarz
32	72,921	1,01	
33	51,743	35,53	Quarz
34	64,826	9,02	
35	2727,8	59,68	Quarz
36		6,36	Bild (Wafer)

22. Objektiv nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch folgende Daten:

Wellenlänge $\lambda = 248,38 \text{ nm}$ numerische Apertur $NA = 0,70$
 Abbildungsmaßstab $\beta = -0,25$ Glas: Quarz $n = 1,50834$

Nr.	Radius	Dicke	Glas
1	-208,30	46,25	
2	-498,48	11,38	Quarz
3	368,29	1,00	
4	-173,64	16,30	Quarz
5	Plan	55,82	
6	-127,78	66,00	
7	251,15	9,70	Quarz
8	1891,95	79,28	
9	-160,51	38,73	Quarz
10	-2818,18	1,03	
11	263,13	15,49	Quarz
12	997,93	13,96	
13	-273,97	29,30	Quarz
14	Plan	1,00	
15	Plan	95,50	Quarz
16	Plan	95,50	Quarz
17	-245,27	21,10	
18	3216,71	15,63	Quarz
19	-437,42	15,16	
20	-3216,71	15,16	
21	245,27	15,63	Quarz
22	Plan	21,10	
		191,0	Quarz

23	Plan	1,00	
24	278,04	24,57	Quarz
25	4615,58	63,39	
26	262,26	40,81	Quarz
27	-620,91	1,08	
28	208,55	24,75	Quarz
29	-2336,21	6,67	
30	-441,28	15,29	Quarz
31	1144,28	1,06	
32	71,95	36,07	Quarz
33	50,36	13,64	
34	60,47	53,85	Quarz
35	3672,41	6,34	
36			Bild (Wafer)

23. Objektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1-22, gekennzeichnet durch die Verwendung zur mikrolithographischen Projektion mit bildseitigen Strukturen im Submikronbereich.
24. Mikrolithographischer Projektionsapparat, dadurch gekennzeichnet, daß ein katadioptrisches Reduktionsobjektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1-22 enthalten ist.

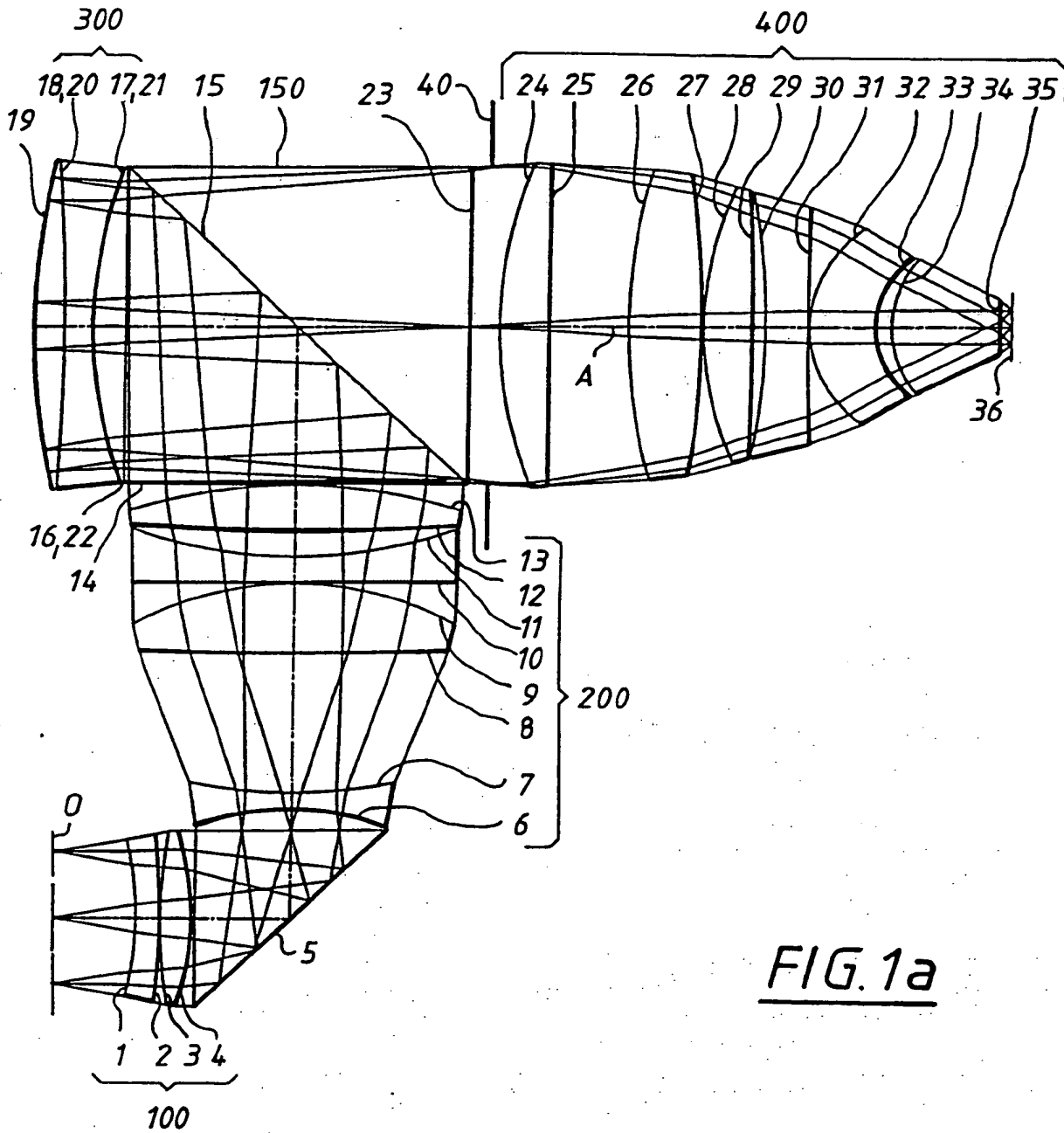


FIG. 1a

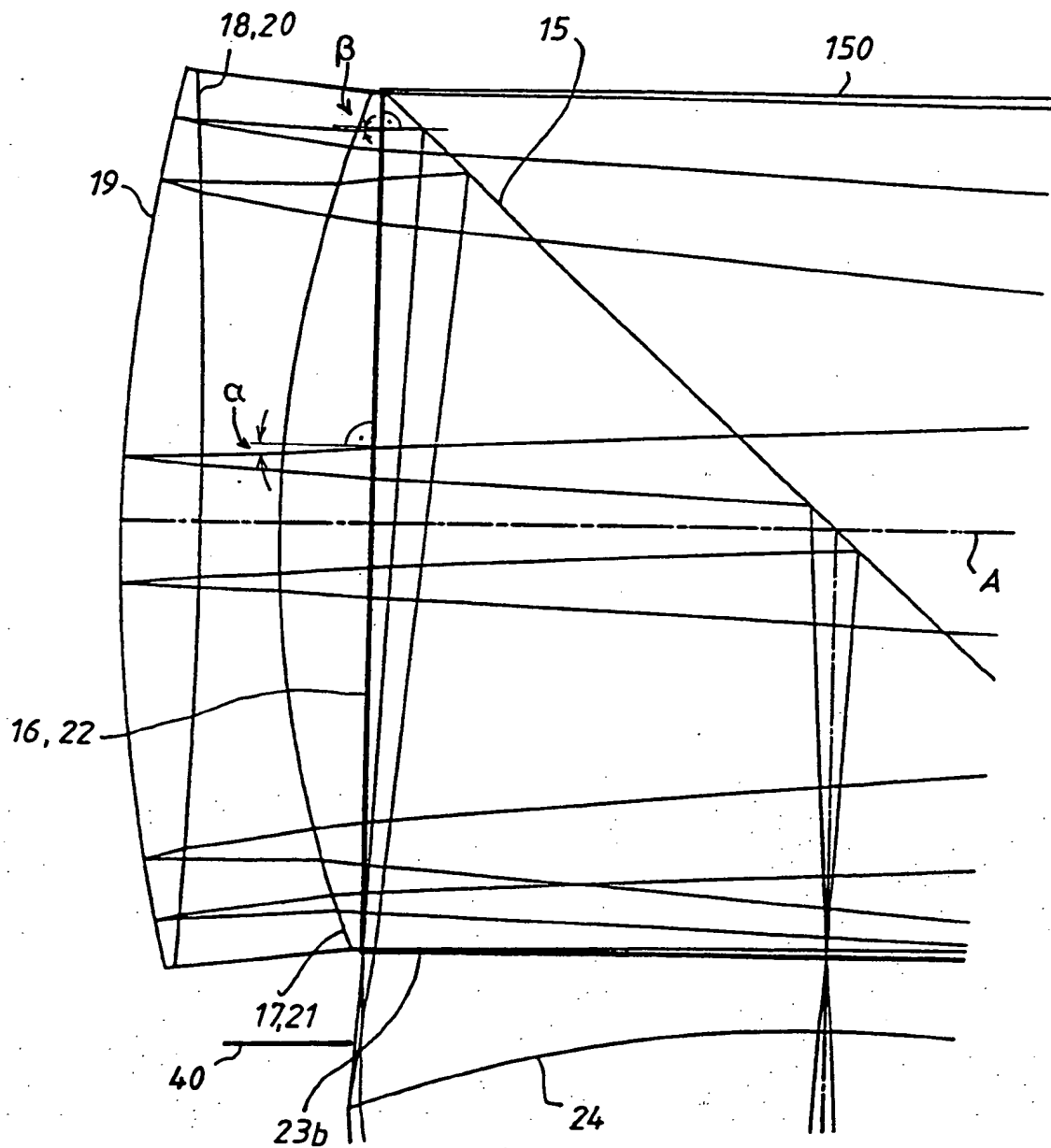
FIG. 1b

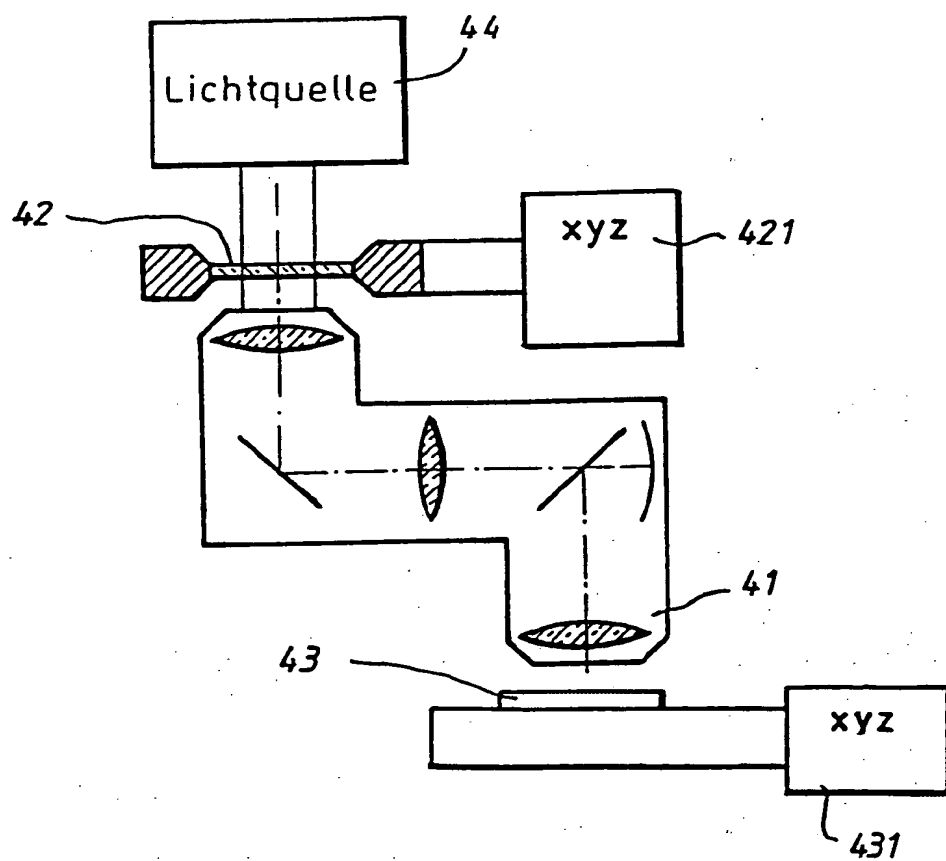
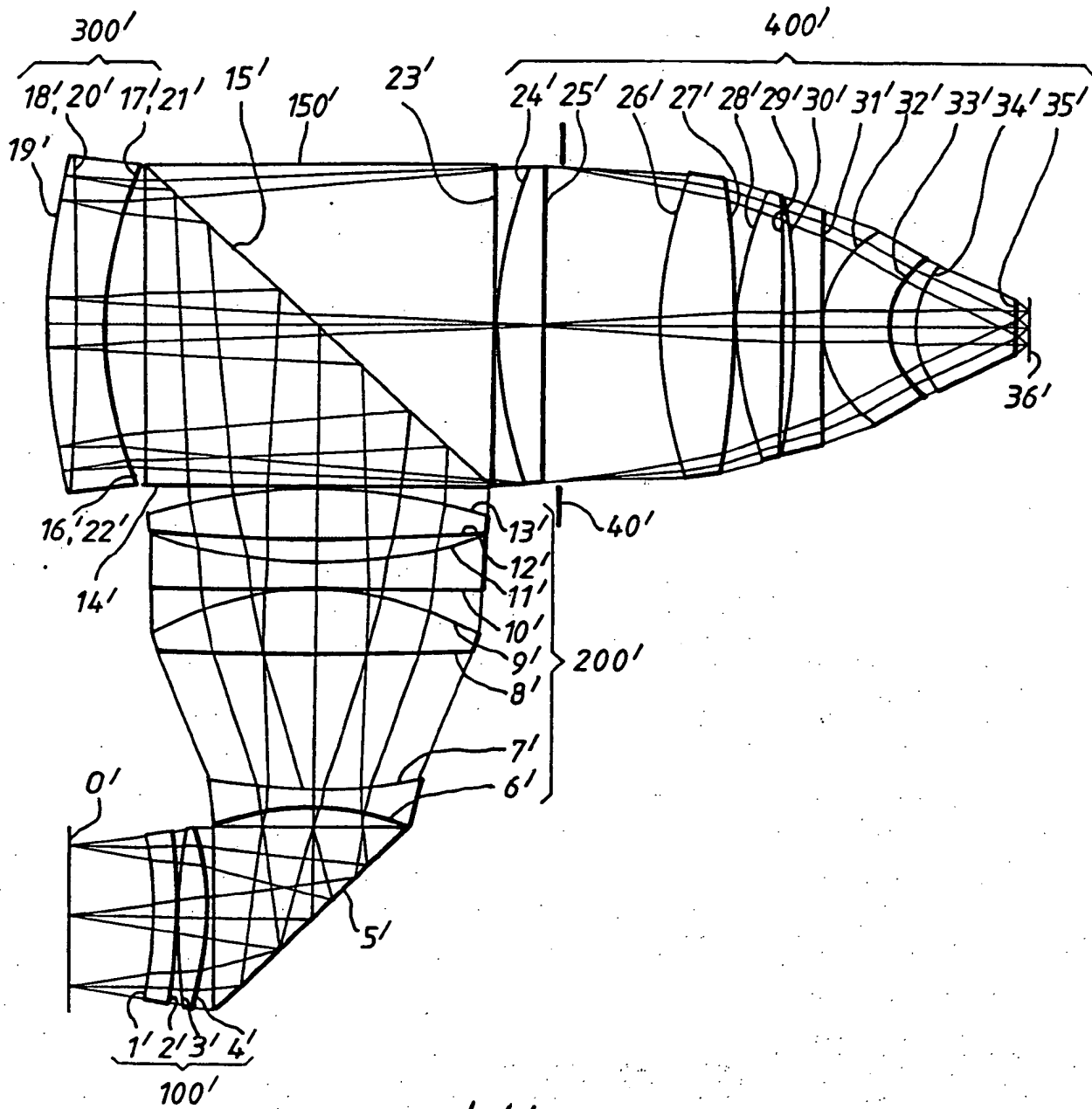
FIG. 2

FIG. 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter: **nal Application No****PCT/EP 95/01719****A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**
IPC 6 G02B17/08 G03F7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G02B G03F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US,A,5 289 312 (HASHIMOTO ET AL) 22 February 1994 cited in the application	1,23,24
A	see the whole document	2,5,6,8, 9,11,13, 16,18
A	--- US,A,5 212 593 (WILLIAMSON ET AL) 18 May 1993 cited in the application	1,2,5,8, 9,13-18, 23,24
A	--- EP,A,0 350 955 (PERKIN-ELMER) 17 January 1990 cited in the application	1,2,5,8, 9,13-18, 23,24
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 August 1995

Date of mailing of the international search report

06.09.95

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ward, S

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter national Application No
PCT/EP 95/01719

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US,A,5 052 763 (SINGH ET AL) 1 October 1991 see the whole document -----	1,2,5, 13-16, 18,23,24

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

Inter national Application No

PCT/EP 95/01719

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A-5289312	22-02-94	JP-A- 5088089	09-04-93
US-A-5212593	18-05-93	CA-A- 2088902	07-08-93
		EP-A- 0554994	11-08-93
		JP-A- 5281469	29-10-93
EP-A-0350955	17-01-90	US-A- 4953960	04-09-90
		CA-A- 1320375	20-07-93
		JP-A- 2066510	06-03-90
US-A-5052763	01-10-91	CA-A, C 2045944	01-03-92
		EP-A- 0475020	18-03-92
		JP-A- 4234722	24-08-92

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 95/01719

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 G02B17/08 G03F7/20

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 G02B G03F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US,A,5 289 312 (HASHIMOTO ET AL) 22. Februar 1994 in der Anmeldung erwähnt siehe das ganze Dokument	1,23,24
A	---	2,5,6,8, 9,11,13, 16,18
A	US,A,5 212 593 (WILLIAMSON ET AL) 18. Mai 1993 in der Anmeldung erwähnt siehe das ganze Dokument	1,2,5,8, 9,13-18, 23,24
A	---	
A	EP,A,0 350 955 (PERKIN-ELMER) 17. Januar 1990 in der Anmeldung erwähnt siehe das ganze Dokument	1,2,5,8, 9,13-18, 23,24

	-/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

21. August 1995

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

06.09.95

Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+ 31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ward, S

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 95/01719

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>US,A,5 052 763 (SINGH ET AL) 1. Oktober 1991</p> <p>siehe das ganze Dokument -----</p>	<p>1,2,5, 13-16, 18,23,24</p>

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 95/01719

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US-A-5289312	22-02-94	JP-A- 5088089	09-04-93
US-A-5212593	18-05-93	CA-A- 2088902	07-08-93
		EP-A- 0554994	11-08-93
		JP-A- 5281469	29-10-93
EP-A-0350955	17-01-90	US-A- 4953960	04-09-90
		CA-A- 1320375	20-07-93
		JP-A- 2066510	06-03-90
US-A-5052763	01-10-91	CA-A, C 2045944	01-03-92
		EP-A- 0475020	18-03-92
		JP-A- 4234722	24-08-92